

《环境监测》知识点整理（三）

来自 Xzonn 的小站

更新于 2020-02-14 13:27 · 渲染于 2021-01-11 14:45



目录

0 思考题汇总	1	(5) 土壤污染监测点的布设原则。	11
0.1 水体监测	1	(6) 采样点布点方法及适用范围。	11
(1) 浊度、色度的含义与区别。	1	(7) 土壤水分的测定方法。	11
(2) 溶解氧的环境意义及碘量法测定原理。	2	(8) 土壤全碳的测定。	12
(3) 采集水样有哪些注意事项?	2	(9) 固体废物定义和分类。	12
(4) 水质监测分析方法的 3 个层次。	3	(10) 固体废物水分的测定。	12
(5) 纳氏试剂比色法测定氨氮的原理。	3	(11) 烧失量测定原理和方法。	12
(6) 紫外分光光度法测定的硝酸盐氮原理。	3	(12) 土壤的动物监测、植物监测和微生物监测。	12
(7) 水体中各种含氮化合物是怎样相互转化的? 测定各种形态的含氮化合物对评价水体污染和自净状况有何意义?	3	1 水体监测	14
(8) 解释下列术语, 说明各适用于什么情况? 瞬时水样、混合水样、综合水样。	4	1.1 水环境基本概念	14
(9) 我国的水环境监测存在哪些问题?	5	1.2 水环境监测	14
0.2 环境生物监测	5	2 环境生物监测	16
(1) 水污染生物监测的理论依据是什么?	5	2.1 水环境污染生物监测	16
(2) 生物监测与理化监测的特点比较。	6	2.1.1 概念	16
(3) 细菌总数的测定方法。	6	2.1.2 细菌学检验法	17
(4) 总大肠菌群的测定。	6	2.1.3 叶绿素 a 的测定	17
(5) 叶绿素 a 的测定原理 (丙酮法)。	6	2.1.4 生物测试法	17
(6) 生物群落监测法的理论依据。	7	2.1.5 生物群落测试方法	18
(7) PFU 微型生物群落监测原理。	7	2.2 生态监测	19
(8) 发光细菌法的监测原理。	7	3 土壤污染与固体废物监测	20
(9) 细菌学监测时指示菌理想条件。	7	3.1 土壤的概念	20
(10) 艾姆斯 (Ames) 试验原理。	7	3.2 土壤背景值和土壤自净	20
(11) 宏观生态监测和微观生态监测。	8	3.3 土壤污染	20
(12) 生态监测特点。	8	3.4 土壤监测	21
0.3 土壤污染与固体废物监测	8	3.5 土壤样品的采集与制备	22
(1) 土壤污染概念、危害和特点。	8	3.6 土壤污染生物监测	23
(2) 什么是土壤环境背景值? 研究土壤环境背景值的意义是什么?	9	3.7 固体废物的测定	23
(3) 什么是土壤的自净作用? 有哪些机制?	9		
(4) 叙述土壤污染物的种类和土壤污染类型。	10		

0 思考题汇总

0.1 水体监测

(1) 浊度、色度的含义与区别。

- 浊度: 水中悬浮物对光线透过时所发生的阻碍程度。
 - 与水中悬浮物质的含量、大小、形状及折射系数有关。

- 测定方法:
 - 比浊法: 中国一般采用, 将水样和用高岭土配制的浊度标准溶液进行比较。
 - 浊度计测定: 当光射入水样时, 构成浊度的颗粒物对光产生散射, 散射光强度与水样的浊度成正比。既适用于野外和实验室内的测量, 也适用于全天候的连续监测。
- 色度: 水质的外观指标。
 - 水的颜色分为表色和真色。真色是指去除悬浮物后水的颜色, 表色是指没有去除的水的颜色。对于清洁的或浊度很低的水, 真色和表色相近, 对于着色深的工业废水和污水, 真色和表色差别较大。水的色度一般指真色。
 - 测定方法:
 - 铂钴标准比色法: 用氯铂酸钾和氯化钴配制颜色标准溶液, 与被测样品进行目视比较。适用于清洁水、轻度污染并略带黄色调的水, 比较清洁的地面水、地下水和饮用水等。
 - 稀释倍数法: 将样品用光学纯水稀释至用目视比较与光学纯水相比刚好看不到颜色时的稀释倍数作为表达颜色的强度。常用于工业废水。

(2) 溶解氧的环境意义及碘量法测定原理。

- 溶解氧 (DO) : 溶解于水中的氧的含量, 它以每升水中氧气的毫克数表示。
- 环境意义:
 - 溶解氧高有利于对水体中各类污染物的降解, 从而使水体较快得以净化。
 - 如果水中有机物含量较多, 其耗氧速度超过氧的补给速度, 则水中 DO 量将不断减少, 有机物在缺氧条件下分解就出现腐败发酵现象, 使水质严重恶化。
 - 溶解氧越少, 表明污染程度越严重。
- 测定方法: 碘量法。
 - 原理: 水样中加入 MnSO_4 和碱性 KI, 水中溶解氧将低价锰氧化成高价锰, 生成四价锰的氢氧化物棕色沉淀。加酸后, 氢氧化物沉淀溶解形成可溶性四价锰, 与碘离子反应释出与溶解氧量相当的游离 I_2 , 以淀粉作指示剂, 用 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 滴定释出 I_2 , 可计算溶解氧的含量。
 - 方程式: $\text{MnSO}_4 + 2\text{NaOH} \longrightarrow \text{Mn(OH)}_2 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$, $2\text{Mn(OH)}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{MnO(OH)}_2 \downarrow$ (或 H_2MnO_3), $\text{MnO(OH)}_2 + 2\text{KI} + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{Mn}^{2+} + 2\text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
 - 其它方法:
 - 水样中含有亚硝酸盐时, 用叠氮化钠修正。 $2\text{NaN}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 2\text{HN}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$, $\text{HNO}_2 + \text{HN}_3 \longrightarrow \text{N}_2\text{O} + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 。
 - 含大量亚铁离子不含其他还原剂及有机物的水样, 高锰酸钾修正。过量的高锰酸钾用草酸钠溶液除去, 生成的高价铁离子用氟化钾掩蔽。
 - 氧电解法: 透过膜的氧气在电极上还原, 产生微弱的扩散电流, 在一定温度下其大小与水样溶解氧含量成正比。

(3) 采集水样有哪些注意事项?

- 测定悬浮物、pH、溶解氧、生化需氧量、油类、硫化物、余氯、微生物等样品需要单独采样。
- 测定溶解氧、生化需氧量和有机污染物等项目的水样必须充满采样器。
- pH、电导率、溶解氧等项目宜在现场测定。
- 采样的同时需同步测定水文参数和气象参数。

- 采样时必须认真填写采样登记表。
- 每个样品瓶都应贴上标签（填写样点编号、采样日期和时间、测定项目等）。
- 要塞紧瓶塞，必要时还要密封。

(4) 水质监测分析方法的 3 个层次。

- A 层次方法为国家或行业标准方法，其成熟性或准确度好，是评价其他监测方法的基准方法，也是环境污染纠纷法定的仲裁方法。
- B 层次方法为统一方法，是已经过多个单位实验验证，但尚欠成熟的方法，在使用中不断完善，为上升为国家标准方法创造条件。
- C 层次方法为等效方法，方法的灵敏度、精确度、准确度与 A、B 层次方法具有可比性，或者是一些更先进的新方法，但必须经过方法验证和对比验证。

(5) 纳氏试剂比色法测定氨氮的原理。

- 原理：碘化汞和碘化钾的碱性溶液与氨反应生成淡红棕色胶态化合物，其色度与氨氮含量成正比，通常可在波长 410 ~ 425 nm 范围内测其吸光度，计算其含量。
- 方程式： $2\text{K}_2[\text{HgI}_4] + 3\text{KOH} + \text{NH}_3 \longrightarrow \text{NH}_2\text{Hg}_2\text{IO} + 7\text{KI} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。
- 水样做适当的预处理后，本法可用于地面水、地下水、工业废水和生活污水中氨氮的测定。
- 其它方法：
 - 水杨酸分光光度法：亚硝基铁氰化钠存在的情况下，氨与次氯酸反应生成氯胺，氯胺与水杨酸反应生成氨基水杨酸，氨基水杨酸经氧化、缩合，生成靛酚蓝，于其最大吸收波长 697 nm 处用分光光度法测定。
 - 氨气敏电极法：在 pH 值大于 11 的环境下，铵根离子向氨转变，氨通过氨敏电极的疏水膜转移，造成氨敏电极的电动势的变化，仪器根据电动势的变化测量出氨氮的浓度。

(6) 紫外分光光度法测定的硝酸盐氮原理。

- 原理：用硝酸根离子在 220 nm 波长处的吸收而定量测定硝酸盐氮。溶解的有机物在 220 nm 处也会有吸收，而硝酸根离子在 275 nm 处没有吸收。因此，在 275 nm 处作另一次测量，以校正硝酸盐氮值。
- 适用于地表水、地下水中硝酸盐氮的测定。
- 其它方法：
 - 镉柱还原法：在一定条件下，将水样通过镉还原柱，使硝酸盐还原为亚硝酸盐，然后用 *N*-(1-萘基)-乙二胺分光光度法测定。由测得的总亚硝酸盐氮减去不经还原水样所含亚硝酸盐氮即为硝酸盐氮含量。此法适用于测定硝酸盐氮含量较低的饮用水、清洁地面水和地下水。

(7) 水体中各种含氮化合物是怎样相互转化的？测定各种形态的含氮化合物对评价水体污染和自净状况有何意义？

- 迁移转化：
- 意义：通过测定各种形态的含氮化合物可以判断水体处于哪个阶段。表 1。

表 1 含氮化合物形式

含氮化合物形式			卫生学意义
NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	
+	-	-	表示水体受到新鲜污染。

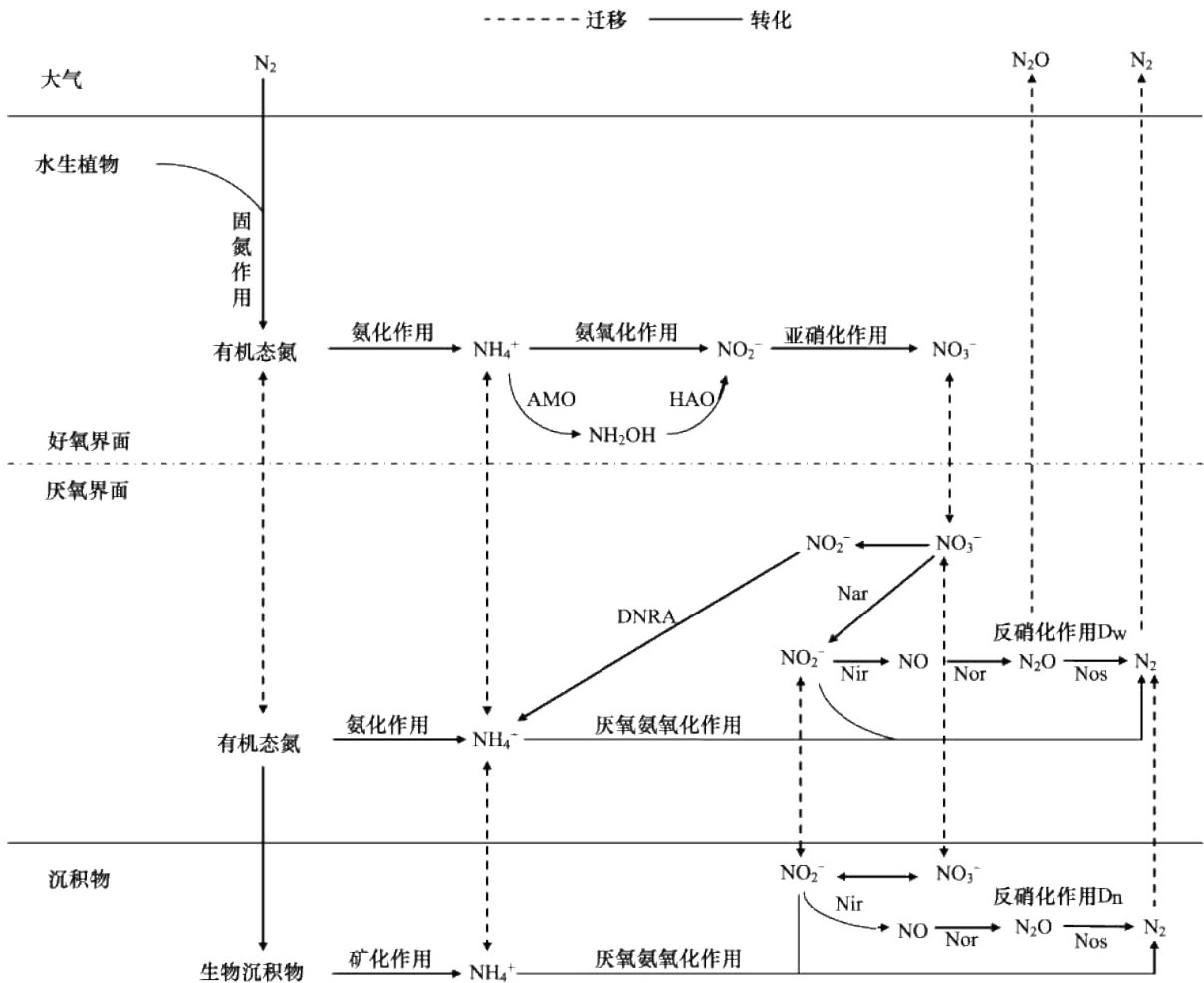


图 1 水体中 N 的迁移和转化

续表

含氮化合物形式			卫生学意义
NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	
+	+	-	水体受到污染不太久，正在分解中。
+	+	+	受到污染，正在自净过程中。
-	+	+	所受污染已基本上分解完毕。
+	-	+	现在有新的污染，在这之前的污染已自净。
-	+	-	水中 NO_3^- 被还原为 NO_2^- 。
-	-	-	清洁水。

(8) 解释下列术语，说明各适用于什么情况？瞬时水样、混合水样、综合水样。

- 水样分类：表 2。
- 瞬时水样：在某一时间和地点从水体中随机分散采集的分散单一水样。
 - 当水体水质稳定，或其组分在相当长的时间或相当大的空间范围内变化不大时，瞬时水样具有很好的代表性。
 - 当水体组分及含量随时空变化较大时，就应隔时、多点采集瞬时水样，分别进行分析，摸清水质变化的规律。
- 混合水样：分为等时混合水样和等比例混合水样。

- 前者是指在某一时段内，在同一采样点按等时间间隔所采集的等体积瞬时水样混合后的水样，这种水样在观察某一时段平均浓度时十分有用。
- 后者是指在同一采样点所采水样量随时间或流量成比例变化的混合水样，即在不同时间依照流量大小按比例采集的混合水样，这种水样适合于流量和污染物浓度不稳定的水样。
- 综合水样：把在不同采样点同时采集的各个瞬时水样混合后所得到的水样。

表 2 水样分类

水样名称	采样时间	采样地点	混合情况
瞬时水样	规定时间内随机	规定地点	一次性采样
综合水样	同时	不同点	均匀混合或按流量比例混合
混合水样	不同时	同点	均匀混合或按流量比例混合

(9) 我国的水环境监测存在哪些问题？

- 水环境监测分工不明确：
 - 我国的水环境监测处于长期的“多家管水”状态，将水环境监测按照监测水体的不同，分为四类，即地下水监测、地表水监测、污水及废水监测和饮用水监测。
 - 相应的管水部门有水利部门、环保部门、国土资源部门和城市建设部门。
- 水中有机污染物监测没有引起足够重视：
 - 我国城市河流及各大水系均以有机污染物污染为主。但是，我国水质监测指标中表征有机污染物的项目均为综合性指标。
 - 由于缺乏水中有机污染物的具体控制指标，无法掌握有机污染物对水环境的污染情况，直接影响我国对水质环境的总量控制目标的实施。
- 水质监测分析方法与现行的水环境质量和污水排放标准不配套：
 - 我国现有的水环境质量和污水排放标准共控制 98 项污染物，而现有的标准分析方法不配套。
 - 另外，也没有形成系列的水质分析方法，使得已颁布的标准缺乏严肃性，为其贯彻实施带来一定的困难。
- 现行水质监测项目不适应水环境状况：
 - 现行水质监测的主要水质参数有无机、重金属离子、营养物和微生物，传统方法是利用化学分析和仪器分析及生物方法来测定其浓度，其中一些参数只能对水质起描述作用，并不能全面反映水质问题。
 - 水质监测项目与水环境状况不相适应主要表现在两个方面：
 - 一方面，水环境监测项目缺乏针对性，出现对某些污染程度较轻的项目进行反复地、重复监测的问题。
 - 另一方面，漏测可以表征水质状况的有害参数。该增加的有机污染指标迟迟增加不上去，造成各大水系中有机污染呈加重之趋势。沿江、河、湖泊有不同的污染源，有害物的种类和浓度也有很大的差别。使用同类参数来衡量水质好坏，显然是不科学的，应根据污染源的不同，选取危害大、出现频率高的污染物作为监测对象。

0.2 环境生物监测

(1) 水污染生物监测的理论依据是什么？

- 在一定条件下，水生生物群落和水环境之间互相联系、互相制约，保持着自然的、暂时的相对平衡关系。
- 水环境中进入的污染物质，必然作用于生物个体、种群和群落，影响生态系统中固有生物种群的数量、物种

组成及其多样性、稳定性、生产力以及生理状况。

(2) 生物监测与理化监测的特点比较。

- 理化监测：速度快、简单方便，但是仍有一定的局限性，主要表现在无法反映污染综合性及其对生物毒性的影响。
- 长期的连续的生物监测比理化监测的定期取样监测更能反映环境质量变化的全貌。
- 生物监测具有时效性、综合性和敏感性，能反映整个时期中环境因素改变的情况，以及各环境因素变化的协同和拮抗作用的结果，是理想的监测工具。

(3) 细菌总数的测定方法。

- 国标规定的方法为平板计数法：1 mL 水样在营养琼脂培养基中，于 37 °C 经 24 h 培养后，所生长的细菌菌落的总数。是判断饮用水、水源水、地表水等污染程度的标志。
- 操作过程：1) 灭菌；2) 制备营养琼脂培养基；3) 培养（二份平行样，一份空白）；4) 菌落计数。
- 为了简化检测程序、缩短检测时间，国内外学者进行了大量的快速检测方法的研究，提出了阻抗检测法、SimplatTM 全平器计数法、微菌落技术、纸片法等检测方法，取得了一定的成果，但检测时间仍在 4 h 以上。

(4) 总大肠菌群的测定。

- 总大肠菌群：能在 35 °C、48 小时之内使乳糖发酵产酸、产气、需氧及兼性厌氧的、革兰氏阴性的无芽孢杆菌，以每升水样中所含有的大肠菌群的数目来表示。
- 测定方法：发酵法、滤膜法。
 - 发酵法可用于各种水样（包括底泥），但操作繁琐，费时间。
 - 滤膜法操作简便、快速，但不适用于浑浊水样。

(5) 叶绿素 a 的测定原理（丙酮法）。

- 该方法适合于藻类繁殖比较旺盛的水样和表面附着的藻类。
- 操作过程：
 - 将一定量的水样用乙酸纤维滤膜过滤，取带样品的滤膜剪碎后在组织破碎器中加适量 90% 丙酮研磨至足够细，移入具塞刻度试管中于暗处静置萃取 24 h 后，置于医用离心机中 3500 r/min，离心 30 min 得上清液定容，分光光度计于波长 750、663、645 和 630 nm 处测吸光值。
 - 结果计算公式为：
$$\text{Chla}_{\text{丙酮}} = (11.64 \times (E_{663} - E_{750}) - 2.16 \times (E_{645} - E_{750}) + 0.1 \times (E_{630} - E_{750})) \times V_{\text{丙酮}} \div V_{\text{水样}} \times \delta$$
 - 其中， $\text{Chla}_{\text{丙酮}}$ 为丙酮法测定的叶绿素 a 含量 (mg/m^3)； E_{750} 、 E_{663} 、 E_{645} 、 E_{630} 分别为丙酮萃取液于波长 750、663、645、630 nm 的吸光值； $V_{\text{丙酮}}$ 为丙酮萃取液的体积 (mL)； $V_{\text{水样}}$ 为水样过滤的体积 (L)； δ 为比色皿光程 (cm)。
- 其它方法：
 - 乙醇法：以乙醇作为溶剂，吸收峰所在位置不同。
 - 荧光光谱法：当丙酮提取液用 436 nm 的紫外线照射时，叶绿素 a 可发射 670 nm 的荧光，在一定浓度范围内，发射荧光强度与浓度成正比。

(6) 生物群落监测法的理论依据。

- 未受污染的环境水体中生活着多种多样的水生生物，这是长期自然发展的结果，也是生态系统保持相对平衡的标志。
- 当水体受到污染后，水生生物的群落结构和个体数量就会发生变化，使自然生态平衡系统被破坏，最终结果是敏感生物消亡，抗性生物旺盛生长，群落结构单一，这是生物群落监测法的理论依据。

(7) PFU 微型生物群落监测原理。

- PFU 法是以聚氨酯泡沫塑料块 (PFU) 作为人工基质沉入水体中，经一定时间后，水体中大部分微生物种类均可群集到 PFU 内，达到种数平衡，通过观察和测定该群落结构与功能的各种参数来评价水质状况。
- 根据水环境条件确定采样时间，一般在静水中采样约需四周，在流水中采样约需两周，采样结束后，带回实验室，把 PFU 中的水全部挤于烧杯内，用显微镜进行微生物种类观察和活体计数。

(8) 发光细菌法的监测原理。

- 发光细菌属革兰氏阴性、兼性厌氧菌，大小约 $0.4 \sim 1.0 \times 1.0 \sim 2.5 \mu\text{m}$ 。
- 发光细菌法是利用灵敏的光电测量系统测定毒物对发光细菌发光强度的影响。
- 毒物的毒性可以用 EC_{50} 表示，即发光细菌发光强度降低 50% 时毒物的浓度。发光细菌含有荧光素、荧光酶、ATP 等发光要素，在有氧条件下通过细胞内生化反应而产生微弱荧光。当细胞活性升高，处于积极分裂状态时，其 ATP 含量高，发光强度增强。发光细菌在毒物作用下，细胞活性下降，ATP 含量水平下降，导致发光细菌发光强度的降低。
- 实验显示，毒物浓度与菌体发光强度呈线性负相关关系，因而，可以根据发光细菌发光强度判断毒物毒性大小，用发光度表征毒物所在环境的急性毒性。

(9) 细菌学监测时指示菌理想条件。

- 理想条件：
 - 大量存在于人的粪便中，且数量比病原菌多。
 - 受粪便污染的水中易检测出该指示菌，未受污染的水中无此菌。
 - 在水体中不会自行繁殖。
 - 存活时间略长于致病菌，对消毒剂的抵抗略强于致病菌。
 - 检出及鉴定方法比较简易迅速。
 - 适用于各种水体。
- 常见指示菌：在实际工作中，经常检验细菌总数，特别是检验作为粪便污染的指示细菌，如总大肠菌群、粪大肠菌群、粪链球菌等。

(10) 艾姆斯 (Ames) 试验原理。

- Ames 试验：沙门氏菌回复突变试验。
- 原理：
 - 鼠伤寒沙门氏菌的组氨酸营养缺陷型 (his^-) 菌株，在含微量组氨酸的培养基中，除极少数自发回复突变的细胞外，一般只能分裂几次，形成在显微镜下才能见到的微菌落。
 - 受诱变剂作用后，大量细胞发生回复突变，自行合成组氨酸，发育成肉眼可见的菌落。
 - 某些化学物质需经代谢活化才有致变作用，在测试系统中加入哺乳动物微粒体酶，可弥补体外试验缺乏代

谢活化系统之不足。

- 鉴于化学物质的致突变作用与致癌作用之间密切相关，故此法现广泛应用于致癌物的筛选。

(11) 宏观生态监测和微观生态监测。

- 宏观生态监测：地域面积至少应在一定区域范围之内，对一个或若干个生态系统进行监测，最大范围可扩展至一个国家、一个地区甚至全球。主要监测区域范围内具有特殊意义的生态系统的分布、面积及生态功能的动态变化。
- 微观生态监测：微观生态监测是对某一特定生态系统或生态系统聚合体的结构和功能特征及其在人类活动影响下的变化进行监测。指对一个或几个生态系统内各生态要素指标进行物理、化学、生态学方面的监测。
 - 干扰性生态监测：指对人类特定生产活动干扰生态系统的情况进行监测，如砍伐森林所造成的森林生态系统结构和功能、水文过程和物质迁移规律的改变；草场过度放牧引起的草场退化，生产力降低；湿地的开发引起的生态改变；污染物排放对水生生态系统的影响等。
 - 污染性生态监测：主要指对农药及重金属等污染物在生态系统食物链中的传递及富集进行监测。
 - 治理性生态监测：指对破坏的生态系统经人类治理后，生态平衡恢复过程中的监测，如对沙漠化土地治理过程的监测。

(12) 生态监测特点。

- 生态监测：运用可比的方法，在时间或空间对一定区域范围内的生态系统或生态组合体的类型、结构和功能及其组成要素进行系统的测定和观察的过程。
- 特点：
 - 综合性：生态监测是一门涉及多学科的交叉领域，涉及农、林、牧、副、渔、工等各个生产领域。
 - 长期性：自然界中生态变化过程十分缓慢，而且生态系统具有自我调控功能，必须长期观测，才能做出准确描述。
 - 复杂性：易受人类干扰作用和自然变异及自然干扰作用的影响，因此具有复杂性。
 - 分散性：生态监测平台或生态监测站的设置相隔较远，监测网络的分散性很大。

0.3 土壤污染与固体废物监测

(1) 土壤污染概念、危害和特点。

- 概念：
 - 由人类的活动向土壤添加有害物质，土壤即受到污染。
 - 人类的活动向土壤添加有害物质，其含量超过土壤背景值加二倍标准差，认为该土壤已被污染。
 - 当加入土壤的污染物超过土壤的自净能力，或污染物在土壤中的积累量超过土壤基准量，给生态系统造成了危害。
- 危害：
 - 土壤的组成、结构、性状改变，功能失调，质量和生产力下降。
 - 对空气和水体造成二次污染，还会使污染物在植（作）物体中积累，并通过食物链富集到人体和动物体中，危害人畜健康，引发癌症和其他疾病等。
- 特点：隐蔽性、累积性、地域性、复杂性、不可逆性、难治理性。

(2) 什么是土壤环境背景值？研究土壤环境背景值的意义是什么？

- 土壤环境背景值：未受或少受人类活动（特别是人为污染）影响的土壤环境本身的化学元素组成及其含量。
 - 它是诸成土因素综合作用下成土过程的产物，所以实质上是各自然成土因素（包括时间因素）的函数。
 - 目前已难以找到绝对不受人类活动影响的土壤，所谓土壤环境背景值只是代表土壤环境发展中一个历史阶段的、相对意义上的数值。
- 意义：
 - 土壤环境质量评价，特别是土壤污染综合评价的基本依据。
 - 研究和确定土壤环境容量、制定土壤环境标准的基本数据。
 - 研究污染元素和化合物在土壤环境中的化学行为的依据。
 - 在土地利用及其规划，研究土壤生态、施肥、污水灌溉、种植业规划，提高农、林、牧、副业生产水平和产品质量，进行食品卫生、环境医学研究的参比数据。
 - 区域土壤环境质量评价，土壤污染态势预测预报，土壤环境容量计算，土壤环境质量基准或标准的确定，土壤环境中的元素迁移、转化研究，以及制定国民经济发展规划等多方面工作的基础数据。

(3) 什么是土壤的自净作用？有哪些机制？

- 自净作用：在自然因素作用下，通过土壤自身的作用，使污染物在土壤环境中的数量、浓度或形态发生变化，活性、毒性降低的过程。对维持土壤生态平衡起重要的作用。
- 机制：
 - 物理净化作用：
 - 土壤机械阻留、稀释、土壤固相表面吸附、迁移、挥发。
 - 效果：使污染物在土壤中的浓度降低，不能从整个自然环境中消除，实质是污染物的迁移。
 - 物理化学净化作用：
 - 污染物的阳、阴离子与土壤胶体上原来吸附的阳、阴离子之间的离子交换吸附作用。
 - 规律：
 - 可逆的离子交换反应。
 - 服从质量作用定律（是土壤环境缓冲作用的重要机制）。
 - 净化能力的大小可用阳离子或阴离子交换量的大小来衡量。
 - 影响：胶体的含量、土壤 pH，增大利于阳离子净化。
 - 效果：离子浓（活）度降低，相对地减轻危害，但净化作用只是暂时的、不稳定的。土壤总体污染物积累。
 - 化学净化作用：
 - 通过化学反应，使污染物转化成难溶性、难解离性物质，使危害程度和毒性减少，或者分解为无毒物或营养物质。
 - 凝聚与沉淀反应，氧化还原反应，络合-螯合反应，酸碱中和反应，同晶置换反应，水解、分解和化合反应，光化学降解作用。
 - 多氯联苯、稠环芳烃、有机氯农药，以及塑料、橡胶等合成材料，难以化学净化。
 - 重金属在土壤中只发生凝聚沉淀、氧化还原、络合-螯合、同晶置换反应，而不能被降解。
 - 生物净化作用：
 - 污染物在微生物及其酶作用下，通过生物降解，被分解为简单的无机物而消散的过程。

- 土壤生物（土壤微生物、土壤动物）对污染物的吸收、降解、分解和转化过程。
- 作物对污染物的生物性吸收、迁移和转化是土壤最重要的净化功能。
- 微生物不能净化重金属，反而使重金属在土体中富集，这是重金属成为最危险污染物的根本原因。
- 提高净化能力：选育降解能力强的植物，应用具有特殊功能的微生物。

(4) 叙述土壤污染物的种类和土壤污染类型。

- 种类：表 3。

表 3 土壤污染物种类

污染物种类			主要来源
无机污染物	重金属	汞 (Hg)	制烧碱、汞化物生产等工业废水和污泥、含汞农药、汞蒸气
		镉 (Cd)	冶炼、电镀、染料等工业废水、污泥和废气，肥料杂质
		铜 (Cu)	冶炼、铜制品生产等废水、废渣和污泥，含铜农药
		锌 (Zn)	冶炼、镀锌、纺织等工业废水和污泥、废渣、含锌农药、磷肥
		铅 (Pb)	颜料、冶炼等工业废水、汽油防爆燃烧排气、农药
		铬 (Cr)	冶炼、电镀、制革、印染等工业废水和污泥
		镍 (Ni)	冶炼、电镀、炼油、染料等工业废水和污泥
	非金属	砷 (As)	硫酸、化肥、农药、医药、玻璃等工业废水、废气、农药
		硒 (Se)	电子、电器、油漆、墨水等工业的排放物
	放射性元素	铯 (¹³⁷ Cs)	原子能、核动力、同位素生产等工业废水、废渣，核爆炸
		锶 (⁹⁰ Sr)	原子能、核动力、同位素生产等工业废水、废渣，核爆炸
	其他	氟 (F)	冶炼、氟硅酸钠、磷酸和磷肥等工业废水、废气，肥料
		盐、碱	纸浆、纤维、化学等工业废水
		酸	硫酸、石油化工、酸洗、电镀等工业废水、大气酸沉降
有机污染物	有机农药		农药生产和施用
	酚		炼焦、炼油、合成苯酚、橡胶、化肥、农药等工业废水
	氰化物		电镀、冶金、印染等工业废水，肥料
	苯并(a) 芘		石油、炼焦等工业废水、废气
	石油		石油开采、炼油、输油管道漏油
	有机洗涤剂		城市污水、机械工业污水
	有害微生物		厩肥、城市污水、污泥、垃圾
	多氯联苯类 (PCBs)		人工合成品及生产工业废气、废水
	有机悬浮物及含氮物质		城市污水、食品、纤维、纸浆业废水
有害微生物			

- 类型:
 - 水质污染型：污染物集中于土壤表层。沿已被污染的河流、或干渠树枝、片状分布。
 - 大气污染型：污染的大气。燃煤废气、汽车尾气、工业废气、含氟废气、放射性物质。分布以大气污染源为中心呈椭圆状或条带状分布，长轴沿主风向伸长。土壤表层（0～5 cm，耕作土壤 0～20 cm）。
 - 固体废弃物污染型：属点源性质，造成土壤环境的重金属、油类、病原菌污染。

- 农业污染型：污染物质主要集中于表层或耕层，属面源污染。
- 综合污染型：土壤环境污染的发生往往是多源性质。

(5) 土壤污染监测点的布设原则。

- 为使样品具有代表性，在采样布点前，首先要对监测地点的自然条件、农业生产情况、土壤性状、污染历史等进行调查研究，并在此基础上选择代表一定面积的地区或地块布置一定数量的采样点。
- 受大气点污染源影响的地段，以污染源为中心，根据常年主导风向的下风向方位布点，烟云落地区域应多设采样点。
- 受污灌影响的区域，应考虑水流途径和距离，同时选择对照地区布置采样点。
- 布设原则：
 - 不同土壤类型都要布点。
 - 污染较重的地区布点要密些。常根据土壤污染发生原因来考虑布点多少。
 - 大气污染物引起：布点以污染源为中心，据当地风向、风速及污染强度等因素来确定。
 - 城市污水或被污染的河水灌溉农田引起：采样点应根据水流的路径和距离来考虑。
 - 化肥、农药引起：特点是分布比较均匀广泛。
 - 要在非污染区的同类土壤中布设一个或几个对照采样点。
- 总之，采样点的布设既应尽量照顾到土壤的全面情况，又要视污染情况和监测目的而定。

(6) 采样点布点方法及适用范围。

- 采样点数量：一般要求每个单元设 3 个采样点。计算公式： $N = (s \times t \div d)^2$ 。
- 布点方法：表 4。

表 4 布点方法

方法	适用范围	布点法
对角线布点法	适用于面积小，地势平坦的污水灌溉或受废水污染的地形端正的田块	由田块的进水口向对角引一直线，将对角线划分为若干等分（一般 3-5 等分），在每等分的中点处采样。
梅花形布点法	适用于面积较小，地势平坦，土壤较均匀的田块	中心点设在两对角线相交处，一般设 5-10 个采样点。
棋盘式布点法	适用于中等面积，地势平坦，地形完整开阔但土壤较不均匀的田块	一般采样点在 10 个以上。也适用于受固体废物污染的土壤，设 20 个以上的采样点。
蛇形布点法	适用于面积较大，地形不平坦，土壤不均匀的田块	布设采样点数目较多。为全面客观评价土壤污染情况，在布点的同时要做到与土壤生长作物监测同步进行布点、采样、监测，以利于对比和分析。

(7) 土壤水分的测定方法。

- 测定土壤含水量，以便计算土壤中各种成分按烘干土为基准时的测定结果。
- 测定方法：用百分之一精度的天平称取土样 20 ~ 30 g，置于铝盒中，在 105 °C 下烘（4 ~ 5 h）至恒重。按下

式计算水分重量占烘干土重的百分数：
$$H_2O(\%) = \frac{\text{风干土重} - \text{烘干土重}}{\text{烘干土重}} \times 100\%。$$

(8) 土壤全碳的测定。

- 土壤全碳是有机碳和无机碳的总和。大部分有机碳存在于土壤有机质中，而无机碳则主要存在于碳酸盐矿物中。
- 测定方法：以干烧或湿烧法将其转化为 CO_2 ，然后用重量法，滴定法，分光光度计法等，对释放出的 CO_2 进行定量测定
 - 干烧法：在电阻炉内通 O_2 ，加热土壤-催化剂混合物，然后测定放出的 CO_2 。
 - 湿烧法：用 $K_2Cr_2O_7$ ， H_2SO_4 和 H_3PO_4 混合物与土样在密闭系统中供给无 CO_2 空气进行煮沸，并用球形瓶吸收 CO_2 。

(9) 固体废物定义和分类。

- 固体废物：在生产建设、日常生活和其他活动中产生的污染环境的固态、半固态废弃物质。
- 《固废法》把固体废物分为三大类：工业固体废物、城市生活垃圾和危险废物。
- 按不同的分类标准：
 - 化学性质：无机、有机。
 - 形状：固体、泥状。
 - 危害：一般、有毒（危险）。
 - 来源：工业、矿业、城市垃圾、农业。

(10) 固体废物水分的测定。

- 原理：水分是指 $105^\circ C$ 干燥后的损失量。若样品中含有较多遇热损失的废水成分，则应将适量样品放在盛有硅胶的干燥器中，待稳定平衡后进行称量并计算样品的水分含量。
- 测定方法：将带盖铝盒或称量瓶 $105^\circ C$ 烘干至恒重，放入样品（ $50 \sim 100\text{ g}$ ）称量，在 $105^\circ C$ 烘 $4 \sim 8\text{ h}$ ，计

算公式如下：水分含量 =
$$\frac{m_{\text{容器+湿样}} - m_{\text{容器}}}{m_{\text{容器+干样}} - m_{\text{容器}}} \times 100\%。$$

(11) 烧失量测定原理和方法。

- 原理：固体废物烧失量是指样品在 $450 \sim 550^\circ C$ 灼烧后所损失的质量。在此温度下，固体废物中的有机物全部分解。
- 测定方法：瓷坩埚在 $550^\circ C$ 灼烧至恒重，称取适量试样置于坩埚中，在高温炉中由低温至高温升至 $550^\circ C$ ，灼烧 2 h ，取出冷却，称量，再灼烧 0.5 h ，称量，直至恒重。烧失量计

算：烧失量 =
$$\frac{m_{\text{灼烧前}} - m_{\text{灼烧后}}}{m_{\text{试样}}} \times 100\%。$$

(12) 土壤的动物监测、植物监测和微生物监测。

- 植物监测：
 - 土壤受到污染后，植物对污染物产生的反应主要表现为：叶片上出现伤斑，生理代谢异常，如蒸腾速率降低、呼吸作用加强、生长发育受阻；植物化学成分改变等。
 - 植物的根、茎、叶均可出现受害症状，如铜、镍、钴会抑制新根伸长，形成像狮子尾巴一样的形状；无机农药常使作物叶柄或叶片出现烧伤的斑点或条纹，使幼嫩组织出现褐色焦斑或破坏；有机农药严重伤害

时，叶片相继变黄或脱落，开花少，延迟结果，果实变小或子粒不饱满等。

。因此，通过对指示植物的观测可确定土壤污染类型及程度。

。指示植物有：

- 细小糠穗、狐茅、紫狐茅、黄花草、酸模、长叶车前，以及多种紫云英、紫堇、遏蓝菜等可指示锌污染。
- 地衣等可指示砷污染。
- 酸性土壤质量指示植物如芒箕骨、映日红、铺地蜈蚣等可指示酸性土壤。
- 蜈蚣草、柏木等可指示石灰性土壤。
- 碱蓬、剪刀股等可指示碱性土壤。

• 动物监测：

。在重金属污染的土壤中，动物种类、数量随环境污染程度的增加而逐渐减少，并且与重金属的浓度具有显著的负相关关系。

。因而，通过对污染区土壤动物群落结构、生态分布和污染指示动物的系统研究，可监测土壤污染的程度，为土壤质量评价提供重要依据。

。蚯蚓、原生动物、土壤线虫、土壤甲螨等均可作为指示动物监测土壤污染。

- 蚯蚓体内镉的浓度与土壤中镉的浓度具有显著的相关性，对农药、铅等污染物也有较高的敏感性。
- 土壤原生动物生活在土表凋落物和土壤中，环境的变化会导致原生动物群落组成和结构迅速变化。
- 线虫具有形态的特殊性，食物的专一性，分离鉴定相对简单，以及对环境的各种变化，包括污染的胁迫效应能作出比较迅速的反应等特点。
- 甲螨在土壤中数量多、密度大、极易采得。口器发达，食量大，通过摄食和移动，可广泛接触土壤中的有害物质。

• 微生物监测：

。土壤是自然界中微生物生活最适宜的环境，它具有微生物所需要的一切营养物质，以及微生物进行繁殖、维持生命活动所必需的各种条件。目前已发现的微生物都可以从土壤中分离出来，因此土壤被称为“微生物的大本营”。

。土壤受到污染后，其中的微生物群落结构及其功能就会发生改变。通过测定污染物进入土壤前后的微生物种类、数量、生长状况，以及生理生化变化等特征，就可以监测土壤受污染的程度。

。主要的指示微生物：大肠菌群、真菌和放线菌、腐生菌、嗜热菌等。

- 大肠菌群：粪便中的大肠菌群进入土壤中，随着时间的推移会逐渐消亡，可评价土壤受病原微生物污染的程度。
- 真菌和放线菌：对于难降解的天然有机物有较强的利用能力，可用于判断土壤有机物的组成和 pH 的变化。
- 腐生菌：有机物进入土壤后，其中的腐生菌繁殖加快、数量增加，可用于评价土壤有机污染的状况。
- 嗜热菌：可以作为表征土壤牲畜粪便污染的指标。

1 水体监测

1.1 水环境基本概念

- 天然水环境：河流、湖泊、湿地、沼泽、水库、地下水、冰川、海洋等贮水体中的水本身及水体中的悬浮物、溶解物质、底泥，甚至还包括水生生物等。
 - 地下水：广泛埋藏于地表以下的各种状态的水，统称为地下水。大气降水是地下水的主要来源。
 - 地面以下的水并不都是地下水。地面以下的土层可分为包气带、饱水带。包气带的土层中含有空气，没有被水充满，包气带中的水分称为土壤水。饱水带中土壤孔隙被水充满，含水量达到饱和，饱水带中的水即为地下水。
 - 海洋：温度和盐度是决定海水各种性质的决定性因数。
- 水污染：人类活动排放的污染物进入水体，其数量超过了水体的自净能力，使水和水质的理化特性和水环境中的生物特性、组成等发生改变，从而影响水的使用价值，造成水质恶化，乃至危害人体健康或破坏生态环境的现象。
 - 原因：工业污染源、农业污染源、生活污染源。
 - 类型：化学性污染、物理性污染、生物性污染。
 - 我国水污染特点：发达国家在过去一百多年内不同时期所发生的水污染问题，最近二三十年在我国各主要地表水体几乎都集中体现。

1.2 水环境监测

- 定义：针对客观环境运用生物、物理或化学的现代科技方法，间断地或连续地对水体的污染物及其有关的组成成份予以鉴定和测试，并通过仪器检测或实验的形式进行定性、定量和系统的描述，做出正确的环境质量评价。
- 目的：及时地收集水环境动态质量变化的信息资料，准确、及时、全面地反映水环境在一定历史时期和一定空间内的变化规律和发展趋势，为环境管理、污染源控制、环境规划等提供科学依据。
- 分类：
 - 按监测的性质分类：质量监测、专题监测、污染源监测。
 - 按水环境监督的目的分类：研究性监测、健康影响监测、资源监测。
 - 按对象分类：环境水体监测、水污染监测。环境水体包括地表水、地下水；水污染源包括工业废水、生活污水、医院污水等。
- 监测项目：根据水体被污染情况、水体功能、废（污）水中所含污染物质及客观条件等因素确定。
- 质量标准：（孙，1.1）
- 基准与标准：
 - 环境基准：在制订环境标准时，必须首先对环境中各种污染物对人体、生物以及物质财富等的危害影响进行综合研究，分析污染物剂量、效应之间的相关性。是制订环境质量标准的重要科学依据。是具有推荐性污染物浓度的科学参考值，不具有法律效力。
 - 环境标准：为了保护人群健康，防治环境污促使生态良性循环，合理利用资源，促进经济发展，依据环境保护法和有关政策，对有关环境的各项工作所做的规定。具有法律效力，同时也是进行环境规划、环境管理、环境评价和城市建设的依据。

- 标准的修订工作根据基准及有关科学成果的进展间期进行。
- 地表水监测方案的制定：基础资料的收集、实地调查、遵循布设原则、设置监测断面、设置采样点、确定采样时间和采样频率。（孙，1.2.1）
- 水样的采集和保存：
 - 水样的类型：瞬时水样、综合水样、混合水样。（思，1.0(8)）
 - 地表水样的采集：采样前准备、采样方法和采样器。（孙，1.2.1）
 - 采集水样注意事项：（思，1.0(3)）
 - 水样的运输和保存：
 - 水样采集后，必须尽快送回实验室。
 - 不能及时运输或尽快分析时应采取保存措施：冷藏或冷冻保存法、加入化学试剂保存法（加入生物抑制剂、调节 pH、加入氧化剂或还原剂）。
- 水样的监测分析方法：（思，1.0(4)）
- 无机物测定方法：化学分析法、原子吸收光谱法、分光光度法、电子耦合等离子体原子发射光谱法、电化学法、离子色谱法。
- 有机物测定方法：气相色谱法、高效液相色谱法、气相色谱-质谱联用法、化学分析法、分光光度法、荧光光谱法等。
- 监测指标：
 - 水温：应在现场测定。常用的测量仪器有水温计、颠倒温度计和热敏电阻温度计。其中颠倒温度计用于测量深层水温度，一般装在采水器上使用。
 - 臭和味：定性描述法、臭阈值法。
 - 色度、浊度：（思，1.0(1)）
 - 残渣：表征水中溶解性物质、不溶解性物质含量的指标。
 - 总残渣：水或污水样在一定温度下蒸发、烘干后剩余的物质。烘干温度 103 ~ 105 °C。
 - 可滤残渣量：将过滤后的水样放在称至恒重的蒸发皿内蒸干，再在一定温度下烘至恒重所增加的重量。
 - 不可滤残渣量：水样经过滤后留在过滤器上的固体物质。
 - 透明度：铅字法、塞氏盘法、十字法。
 - 氧化还原电位：反映水溶液中所有物质表现出来的宏观氧化-还原性。
 - 测定方法：以铂电极作指示电极，饱和甘汞电极作参比电极，与水样组成原电池。水体的氧化还原电位必须在现场测定。
 - 溶解氧：（思，1.0(2)）
- 氮的测定：
 - 含氮化合物的相互转化：（思，1.0(7)）
 - 氨氮：以游离氨（ NH_3 ）和铵离子（ NH_4^+ ）形式存在的氮。危害：一定条件下转化为亚硝酸盐。测定方法：（思，1.0(5)）
 - 亚硝酸盐氮：是氮循环的中间产物，可被氧化为硝酸盐或还原为氨。对人体有害。在水中可受微生物等作用而很不稳定，在采集后应尽快进行分析。
 - 测定方法：
 - *N*-(1-萘基)-乙二胺光度法：亚硝酸盐与对氨基苯磺酰胺反应，生成重氮盐，再与 *N*-(1-萘基)-乙二胺偶联生成红色染料。

- 离子色谱法：利用离子交换的原理，连续对多种阴离子进行定性和定量分析。
- 硝酸盐氮：（思，1.0(6)）
- 凯氏氮：包括氨氮和在此条件下能转化为铵盐而被测定的有机氮化合物。如蛋白质、氨基酸、肽、核酸、尿素等。
 - 测定方法：取适量水样于凯氏烧瓶中，加入浓硫酸和催化剂（硫酸钾）加热消解，将有机氮转变为氨氮，然后在碱性介质中蒸馏出氨，用硼酸溶液吸收，以分光光度法或滴定法测定氨氮含量。
- 总氮：水中各种形态无机和有机氮的总量。常被用来表示水体受营养物质污染的程度，是衡量水质的重要指标之一。
 - 测定方法：在水样中加入碱性过硫酸钾溶液，于过热水蒸气中将大部分有机氮化合物及氨氮、亚硝酸盐氮氧化成硝酸盐，再用紫外分光光度法测定硝酸盐氮含量，即为总氮含量。
- 磷的测定：磷被认为是湖泊富营养化的首要限制因素。水体中的过量磷主要来源于肥料、农业废弃物和城市污水。
 - 测定方法：常选用过硫酸钾消解。将水中的有机磷、无机磷、悬浮物内的磷氧化成正磷酸。在酸性介质中，正磷酸与钼酸铵反应，在锑盐存在下生成磷钼杂多酸后，立即被抗坏血酸还原，生成蓝色的络合物，在 880 nm 和 700 nm 波长下均有最大吸收度。
- 挥发酚类：4-氨基安替比林分光光度法。用蒸馏法使挥发酚蒸馏出来，并与干扰物质和固定剂分离。于 $\text{pH} = 10.0 \pm 0.2$ 的介质中，在铁氰化钾存在下，与 4-氨基安替比林反应生成橙红色染料。用氯仿萃取出并在 460 nm 波长处测定吸光度。
- 我国水环境监测存在的问题：（思，1.0(9)）
- 水环境容量：存储容量、自净容量、输移容量。
- 水环境质量评价：根据水的用途，按照一定的评价标准、评价参数和评价方法，对水域的水质或水域综合体的质量进行定性或定量的评定。包括水质现状评价、水质动态评价、水质污染程度评价。

2 环境生物监测

2.1 水环境污染生物监测

2.1.1 概念

- 生物监测：
 - 定义：利用群落、种群或生物个体对环境污染产生的反应，通过生物学的方法，从生物学角度对环境污染状况进行监测和评价。
 - 分类：
 - 按生物的生长环境：主动生物监测、被动生物监测。
 - 按生物的分类：植物监测、动物监测、微生物监测。
 - 按生物所处的主要环境介质：大气污染生物监测、水体污染生物监测、土壤污染生态监测。
 - 按生物学层次：行为测试、生物测试、生态监测。
 - 原理：（思，2.0(1)）
 - 与理化监测的特点比较：（思，2.0(2)）
 - 特点：反映长期的污染效果，效果更加敏感可靠，易于富集污染物，监测功能更加多样化，便于综合评价。

- 水环境污染生物监测主要目的：了解污染对水生生物的危害状况，判别和测定水体污染的类型和程度，为制定控制污染措施，使水环境生态系统保持平衡提供依据。
- 生物检测法类型：细菌学检验法、生物群落监测方法、生物测试法等。

2.1.2 细菌学检验法

- 水中细菌来源：天然水中存在的细菌、土壤细菌、肠道细菌。
- 意义：当水体受到人畜粪便、生活污水或某些工农业废水污染时，细菌大量增加。直接检验水中各种病原菌，方法较复杂，有的难度大，且结果也不能保证绝对安全。
- 指示菌的理想条件：（思，2.0(9)）
- 水样采集：必须严格按照无菌操作要求进行，防止在运输过程中被污染，并迅速进行检验。
- 细菌总数的测定：（思，2.0(3)）
- 总大肠菌群的测定：（思，2.0(4)）
- 其它指示细菌的测定：
 - 粪大肠菌群：与测定总大肠菌群不同之处在于将培养温度提高到 44.5 °C。
 - 沙门氏菌属：先用滤膜法浓缩水样，然后进行培养和平板分离，最后，再进行生物化学和血清学鉴定。
 - 链球菌：由于人粪便中大肠菌群数多于粪链球菌，而动物粪便中粪链球菌多于粪大肠菌群，因此，在水质检验时，根据这两种菌菌数的比值不同，可以推测粪便污染的来源。采用多管发酵法或滤膜法。

2.1.3 叶绿素 a 的测定

- 叶绿素 a 是间接衡量藻类生物量的较理想指标。
- 测定方法：分光光度法、荧光法。（思，2.0(5)）
 - 分光光度法根据测定波段的分为三色法、单色法，根据萃取溶剂不同分为丙酮法、乙醇法。我国使用丙酮三色法。国际上大多使用乙醇法。
 - 荧光法：具有较高的灵敏度，但需要荧光光度计等精密仪器。

2.1.4 生物测试法

- 定义：利用生物受到污染物质危害或毒害后所产生的反应或生理机能的变化，来评价水体污染状况，确定毒物安全浓度的方法。
- 分类：
 - 按水流方式：静水式、流水式。
 - 按测试时间：急性试验、慢性试验。
 - 按受试活体：水生生物、发光细菌等。
- 适合特性：
 - 静水式生物试验：适用于试液毒物成分稳定，耗氧量低的污水或毒物。
 - 流水式生物试验：适用于慢性毒性试验，可以保证试液浓度，防止试验生物代谢产物的蓄积，保证试液有较高的溶解氧。
 - 急性毒性试验：在 24 ~ 96 h 内即能显示被测物对试验生物的致死或其他有害效应的测试。
 - 慢性毒性试验：测定低浓度毒物对试验生物全活动周期的影响试验。常以存活，生长，产卵和孵化率等为指标。
- 毒理学术语：

- 致死浓度 (LC) : 足以使受试生物死亡的毒物浓度。
- 半致死浓度 (LC₅₀) : 造成 50% 的受试生物在一定观察期内死亡的浓度。
- 半数存活率 (半数忍受限, TL) : 在一定时期内使受试生物 50% 存活的毒物浓度。
- 毒物最大允许浓度 (MATC) : 在承受排放的天然水体中可溶许存在而不对生产力或其他用途有不良影响的浓度。也是在慢性试验中, 毒物对受试生物无影响的最高浓度和有影响的最低浓度之间的阈浓度。
- 作用:
 - 主要应用于对污染源的监测。
 - 在侦察、寻找污染物, 评价环境污染程度, 确定废水处理要求和监测废水处理效果, 确定污染物排放标准等方面均有实用价值。
- 水生生物毒性试验: 可用鱼类、藻类等, 鱼类的试验应用较广泛。
- 发光细菌法:
 - 原理: (思, 2.0(8))
 - 优点: 快速、简便、费用低廉, 灵敏程度可与鱼类 96 h 急性毒性试验相媲美。
 - 应用: 测定水和土壤毒性, 测定微生物诱变剂和致癌剂的毒性、噬菌作用、抗菌素和血清的杀菌活性以及化合物毒性的初筛等。
- 艾姆斯 (Ames) 试验: (思, 2.0(10))
- 分子生态毒理学方法: 采用现代分子生物学方法与技术, 研究污染物及代谢产物与细胞内大分子的相互作用。常用 ATP 酶作为生物学标志。
- 硝化细菌测试法: 硝化细菌对多种化学物质比较敏感。
- 幼虫变态实验: 浮游幼虫变态比现有的生物个体水平的毒性实验指标更为敏感。
- 棘皮类动物: 有机污染物特别是 POPs 具有低溶性、密度大、容易沉入水底的沉积物中的特点, 对水底生物影响比较大。
- 两栖类动物: 有些两栖类动物对一些特定的有机物质很敏感。
- 鸟类: 肉食鸟、水禽、海鸟等鸟类以水生生物为食物, 处于食物链的顶端, 且到处存在、数量巨大、观察方便。
- 其它方法: 水生植物生产力的测定、生物体内残留的测定等。

2.1.5 生物群落测试方法

- 水环境污染状况评价: 按照规定的方法布点、采样、检测, 获得各生物类群的种类和数量等数据后, 可采用相应的方法评价水环境污染状况。
 - 河流监测指标: 以底栖动物、大肠菌群监测为主, 结合着生生物监测和浮游植物监测进行分析评价。水质评价方法: Shannon 多样性指数。
 - 湖泊、水库监测指标: 以叶绿素 a、浮游植物为主要指标, 结合底栖动物的种类、数量和大肠菌群进行分析, 主要监视其富营养化情况。水质评价方法: Shannon 多样性指数、Margalef 多样性指数、藻类密度标准 (湖泊富营养化评价标准)。
 - 海洋监测指标: 浮游植物、浮游动物及底栖生物的种类组成 (特别是优势种分布)、种类多样性、均匀度和丰度, 以及栖息密度等。海洋浮游生物、底栖生物用 Shannon 多样性指数法、描述法和指示生物法, 定量或定性评价海域环境对海洋浮游生物、底栖生物的影响程度。
- 方法: 水污染指示生物法、生物指数监测法、污水生物系统法、PFU 微型生物群落监测法。

- 水污染指示生物法：
 - 水污染指示生物：在一定水质条件下生存，对水体环境质量的变化反应敏感而被用来监测和评价水体污染状况的水生生物。
 - 生物群落监测法的理论依据：（思，2.0(6)）
 - 监测对象：
 - 浮游生物：悬浮在水体中的生物，可分为浮游动物和浮游植物两大类。
 - 着生生物：附着于长期浸没水中的各种基质表面上的有机体群落。
 - 底栖动物：栖息在水体底部淤泥内、石块或砾石表面及其间隙中，以及附着在水生植物之间的肉眼可见的水生无脊椎动物。
 - 鱼类：在水生食物链中，鱼类代表着最高营养水平。凡能改变浮游和大型无脊椎动物生态平衡的水质因素，也能改变鱼类种群。
- 生物指数监测法：
 - 贝克生物指数和贝克-津田生物指数： $BI = 2A + B$ ，其中 A 、 B 分别为敏感底栖动物种类数和耐污底栖动物种类数。
 - 生物种类多样性指数（Shannon）多样性指数： $\bar{d} = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}$ 。其中 N 为单位面积样品中收集到的各类动物的总个数， n_i 为第 i 种动物的个数， S 为收集到的动物种类数。
 - 硅藻生物指数： $= \frac{2A + B - 2C}{A + B - C} \times 100$ ，其中 A 为不耐污染藻类的种类数， B 为广谱性藻类的种类数， C 为仅在污染水域才出现的藻类种类数。
- 污水生物系统法：将受有机物污染的河流按照污染程度和自净过程，自上游向下游划分为四个相互连续的河段，即多污带段、 β -中污带段、 β -中污带段和寡污带段，每个带都有自己的物理、化学和生物学特征。根据这些特征进行判断。
- PFU 微型生物群落监测法：（思，2.0(7)）
- 在线生物监测方法：利用对生活在水环境的生物个体行为生态变化进行的实时监测技术。
- 生物早期预警系统：利用在线生物监测技术的水质预警系统，建立在水生生物对有害污染物的毒理学反应上。

2.2 生态监测

- 定义：（思，2.0(12)）
- 目的：
 - 了解所研究地区生态系统的现状及其变化。
 - 根据现状及变化趋势为评价已开发项目对生态环境的影响和计划开发项目可能的影响提供科学依据。
 - 提供地球资源状况及其可利用数量。
- 特点：（思，2.0(12)）
- 类型：（思，2.0(11)）
- 生态监测方法：地面监测、空中监测、卫星监测。

3 土壤污染与固体废物监测

3.1 土壤的概念

参见《土壤与地下水》期末复习。

3.2 土壤背景值和土壤自净

- 概念、研究意义：（思，3.0(2)）
- 表达方法：算数平均值 \bar{x} ，算数平均值 \pm 标准偏差 $\bar{x} \pm s$ 或 $\bar{x} \pm 2s$ ，几何平均值 \pm 几何标准偏差 $M \pm D$ 。
- 我国土壤背景值的表达方法：95% 置信度，如符合正态分布用算数平均值 $\bar{x} \pm 2s$ ，如符合对数正态分布用几何平均值 $\frac{M}{D^2 - MD^2}$ 。
- 土壤的自净作用：（思，3.0(3)）
- 环境容量：在一定条件下环境对污染物的最大容纳量。
 - 在环境控制与管理中，既要控制污染物排放的容许浓度，还要限制总量。
 - 确定环境容量的关键是如何拟定环境容纳污染物的最大容许量，其前提条件是人与生态环境不致受害。
- 土壤环境容量：土壤环境单元所容许承纳的污染物质的最大数量或负荷量。
 - 确定方法：
 - 土壤环境容量 = 最大负荷值 - 土壤污染起始值。
 - 基本容量 = 土壤环境标准值 - 背景值（或本底值）。（以土壤环境标准作为最大允许极限值）
 - 基本容量（静容量）= 土壤的环境基准含量 - 土壤背景值（生态效应试验，环境基准含量 = 土壤环境所允许容纳污染物的最大限值）。
 - 土壤环境容量（动容量）= 静容量 + 土壤净化量。
 - 意义：
 - 土壤质量评价、制订“三废”农田排放标准、灌溉水质标准、污泥施用标准、微量元素累积施用量的依据。
 - 污染物总量控制的重要基础，可以经济合理地制定污染物总量控制规划。

3.3 土壤污染

- 概念：（思，3.0(1)）
- 原因：社会经济的发展造成环境污染加剧、人类主观认识的局限性、技术上限制性。土壤污染是环境污染的必然结果。
- 有毒有害物质：在其生产、使用或处置的任何阶段，都具有会对人、其他生物或环境带来潜在危害特性的物质。
 - 特性：
 - 持久性：在自然中不容易通过生物降解或其他进程分解。
 - 生物蓄积性：能够在生物体内蓄积甚至在食物链内累积。
 - 毒性：致癌性——会导致癌症。
 - 基因诱变性：致变异和致畸。

- 干扰内分泌：即使剂量极低，也有类荷尔蒙作用或能改变荷尔蒙系统。
- 神经系统毒性：毒害神经系统。
- 常见的有毒有害物质：铅（Pb）、镉（Cd）、聚氯联二苯（PCB）、壬基苯酚（NP）、磷酸三苯酯（TPP）、多氯化萘（PCN）、汞（Hg）。
- 污染源：
 - 天然源：矿物风化后自然扩散，火山爆发后降落的火山灰等。
 - 人为源：化肥、农药污染，污水灌溉，大气和水体污染物经迁移转化进入土壤，工业废渣、生活垃圾和污泥堆积经雨水浸泡后进入土壤。
- 类型：（思，3.0(4)）
- 污染物种类：（思，3.0(4)）
- 现状：污染物种类复杂，污染涉及地区广，土壤污染严重、危害大。当前我国土壤污染防治面临的形势十分严峻。
- 危害、特点：（思，3.0(1)）

3.4 土壤监测

- 土壤污染的判断：比较复杂。既要考虑土壤中污染物的测定值与土壤背景值作比较，还要考虑农作物中污染物的含量，同时要观察农作物生长发育是否受到抑制，只有这样综合考虑才能全面评价土壤污染。
- 土壤环境质量监测方案：在调查研究的基础上，通过综合分析，确定监测目的、计划监测采样与布点、选择监测方法、建立质量保证程序和措施、提出监测数据处理要求，最终全面安排实施计划。
- 监测目的：判断土壤是否被污染以及污染程度、状况，预测发展变化趋势；对建设项目积累背景值，为监督变化和影响建立基准。
- 土壤标准分类：
 - I类土壤：国家规定的自然保护区、集中式生活饮用水水源地、茶园、牧场和其他保护地区土壤，质量基本保持自然背景水平。执行一级标准。
 - II类土壤：一般农田、蔬菜地、茶园、果园、牧场等土壤，质量基本不对植物和环境造成危害和污染。执行二级标准。
 - III类土壤：林地土壤及污染物容量较大的高背景值土壤，矿山附近土壤，质量基本不对植物和环境造成危害和污染。执行三级标准。
- 土壤优先监测物：
 - 第一类：汞、铅、镉、DDT 及其代谢产物与分解产物，多氯联苯（PCB）。
 - 第二类：石油产品，DDT 意外的长效性有机氯、四氯化碳酯酸盐生物、氯化脂肪族，砷、锌、硒、铬、镍、锰、钒，有机磷化合物及其他活性物质（抗菌素、激素、致畸形物质、催畸性物质和诱变物质）等。
- 我国土壤常规检测项目：
 - 金属化合物：镉、铬、铜、汞、铅、锌。
 - 非金属无机化合物：砷、氰化物、氟化物、硫化物等。
 - 有机化合物、无机化合物：苯丙(a)芘、三氯乙醛、油类、挥发酚、DDT、六六六等。
- 重金属污染的主要来源：工业“三废”排放、采矿和冶炼、家庭燃煤、生活垃圾渗出、汽车尾气排放等。

3.5 土壤样品的采集与制备

- 采样点的布设：（思，3.0(5)~(6)）
- 农田土壤环境质量评价：
 - 土壤单项污染指数： $\frac{\text{土壤污染物实测值}}{\text{污染物质量标准值}}$ 。
 - 土壤综合污染指数： $\sqrt{\text{平均单项污染指数}^2 + \text{最大单项污染指数}^2}$ 。
- 土壤样品的采集与加工处理：
- 采样深度：视监测目的而定。
 - 一般了解土壤污染状况：只需取 0~15 cm 或 0~20 cm 表层（或耕层）土壤。
 - 了解土壤污染对植物或农作物的影响：采样深度通常在耕层地表以下 15~30 cm 处，对于根深的作物，也可取 50 cm 深度处的土壤样品。
 - 了解污染物质在土壤中的垂直分布：沿土壤剖面层次分层取样。
- 采样量：由于测定所需的土样是多点混合而成的，取样量往往较大，而实际供分析的土样不需太多，一般只需 1~2 kg。因此对所得混合样可反复按四分法弃取，最后留下所需的土量，装入塑料袋或布袋内，贴上标签备用。
- 采样方法：采样筒取样、土钻取样、挖坑取样。
- 采样时间和频率：为了解土壤污染状况，可随时采集样品进行测定。如需同时掌握在土壤上生长的作物受污染状况，可依季节变化或作物收获期采集。一年中在同一地点采样两次进行对照。
- 布点原则：
 - 代表当地的主要土壤类型。
 - 确定采样单元，远离污染源。
 - 不在水土流失严重或表土被破坏处采样。
 - 尽量减少人为活动影响，远离公路铁路 > 300 m。
- 采样：
 - 按不同剖面采样，在各层次中心自下而上采样，切忌混淆层次、混合采样。
 - 对不同地形处样品有不同规定。
 - 采样点按有关规定实行。
- 加工处理：风干 → 磨细 → 过筛 → 混合 → 分装 → 制样。
 - 目的：除去非土部分，使测定结果能代表土壤本身的组成；有利于样品长期保存；使分析时称取的样品具有较高的代表性。
- 样品管理：
 - 一般土壤样品需保存半年至一年，以备必要时查核之用。
 - 储存样品应尽量避免日光、潮湿、高温和酸碱气体等的影响。
 - 玻璃材质容器是常用的优质贮器，聚乙烯塑料容器也属美国环保局推荐容器之一，该类贮器性能良好、价格便宜且不易破损。
 - 将风干土样、沉积物或标准土样等贮存于洁净的玻璃或聚乙烯容器之内。在常温、阴凉、干燥、避阳光、密封（石腊涂封）条件下保存 30 个月是可行的。
- 预处理：

- 分解法：用于元素的测定。破坏土壤的矿物晶格和有机质，使待测元素进入试样溶液中。
- 提取法：用于有机污染物和不稳定组分的测定。
- 土壤污染物的监测方法：
 - 土壤水分：（思，3.0(7)）
 - pH 值：玻璃电极法。
 - 可溶性盐分：重量法、比重计法、电导率法、阴阳离子总和计算法。
 - 全碳：（思，3.0(8)）
 - 有机质： $0.35 + 1.80 \times \text{有机碳} (\%)$ 。
 - 全氮：凯氏定氮法。
 - 全磷： Na_2CO_3 熔融法。
 - 有机化合物：
 - 六六六、DDT：气相色谱法。
 - 蒽：超声波萃取-高效液相色谱法。
 - 阿特拉津：超声波萃取-高效液相色谱法。
 - NP：离心脱水-超声波萃取-高效液相色谱法。
 - 金属化合物：
 - 火焰原子吸收法：主要测定铜、总铬、铁、锰、总钾。
 - 石墨炉原子吸收法：主要测定镉、铅。
 - 氢化物-原子荧光法：主要测定总砷、总硒。
 - 分光光度法：主要测定总砷、总铬、有效硼总硼、总钼。
 - 冷原子吸收法：主要测定总汞。
- 监测数据结果：
 - 平行样测定结果用平均数表示。一组测定数据用 Dixon 法、Grubbs 法检验剔除离群值后以平均值报出；低于分析方法检出限的测定结果以“未检出”报出，参加统计时按二分之一最低检出限计算。
 - 土壤样品测定一般保留三位有效数字，含量较低的镉和汞保留两位有效数字，并注明检出限数值。分析结果的精密度数据，一般只取一位有效数字，当测定数据很多时，可取两位有效数字。表示分析结果的有效数字的位数不可超过方法检出限的最低位数。
- 土壤环境质量评价：涉及评价因子、评价标准和评价模式。

3.6 土壤污染生物监测

- 动物监测、植物监测和微生物监测。（思，3.0(12)）

3.7 固体废物的测定

- 定义、分类：（思，3.0(9)）
- 危害：
 - 对土壤：有害固体废物长期堆存，经过雨雪淋溶，可溶成分随水从地表向下渗透，向土壤迁移转化，富集有害物质，使堆场附近土质酸化、碱化、硬化，甚至发生重金属型污染。
 - 对水体：
 - 水体可溶解出有害成分，毒害生物，造成水体严重缺氧，富营养化，导致鱼类死亡等。

- 沥滤液进入地下水或浅蓄水层，问题就变得难以控制。其稀释与清除地下水中的沥滤液比地表水要慢许多，它可以使地下水在不久的将来变得不能饮用，而使一个地区变得不能居住。
- 某些先进国家将工业废物、污泥与挖掘泥沙在海洋进行处置，这对海洋环境引起各种不良影响。
- 倾入海洋里的塑料对海洋环境危害很大。
- 对大气：
 - 废物中的细粒、粉末随风扬散，在废物运输及处理过程中缺少相应的防护和净化设施，释放有害气体和粉尘；堆放和填埋的废物以及渗入土壤的废物，经挥发和反应放出有害气体，都会污染大气并使大气质量下降。
 - 填埋在地下的有机废物分解会产生二氧化碳、甲烷（填埋场气体）等气体进入大气中。如果任其聚集会发生危险，如引发火灾，甚至发生爆炸。
- 对人体：生活在环境中的人，以大气、水、土壤为媒介，可以将环境中的有害废物直接由呼吸道、消化道或皮肤摄入人体，使人致病。
- 两重性：在一定时间、地点，某些物品对用户不再有用或暂不需要而被丢弃，成为废物；但对另些用户或者在某种特定条件下，废物可能成为有用的甚至是必要的原料。
- 固体废物污染防治：利用两重性，力求使固体废物减量化、资源化、无害化。
- 危险废物：
 - 定义：具有毒性、腐蚀性、反应性、易燃性、浸出毒性等特性之一。
 - 鉴别：
 - 引起或严重导致死亡率增加。
 - 引起各种疾病的增加。
 - 降低对疾病的抵抗力。
 - 在处理、储存、运送、处置或其他管理不当时，对人体健康或环境会造成现实的或潜在的危害。
- 样品的采集和制备：
 - 采样工具：尖头钢锹、钢尖镐（腰斧）、采样铲（采样器）、具盖采样桶或内衬塑料的采样袋。
 - 采样程序：确定应采的份样个数；确定份样量；根据采样方法，随机采集份样，组成总样，并认真填写采样记录表。
 - 采样方法：现场采样、运输车及容器采样、废渣堆采样。
 - 制样工具：粉碎机（破碎机）、药碾、钢锤、标准套筛、十字分样板、机械缩分器。
 - 制样要求：防止药品产生任何化学变化和污染；湿样品应在室温下自然干燥；制备的样品应过筛后装瓶备用。
 - 制样程序：粉碎、缩分。
- 样品的保存：
 - 密封保存。特殊样品：可采用冷冻或充惰性气体等方法保存。
 - 贴标签。标签上应注明：编号、废物名称、采样地点、批量、采样人、制样人、时间。
 - 制备好的样品，一般有效保存期为三个月，易变质的试样不受此限制。
 - 填好采样记录表。
- 水分测定：（思，3.0(10)）
- pH 测定：50 g 样品 + 250 mL 水（固液比 1:5），室温下振荡 30 min，静置 30 min，测上清液 pH。
- 烧失量测定：（思，3.0(11)）

- 可溶性物质总量测定：吸取 50 mL 浸出液，置于已烘干至恒重的蒸发皿中，水浴蒸至近干，105 °C 烘 2 h，冷却 30 min，称量，再烘干 0.5 h，冷却，称量，直至恒重。
- 有害特性的监测方法：
 - 急性毒性初筛试验方法。
 - 易燃性的试验方法。
 - 腐蚀性试验方法。
 - 反应性试验方法。
- 生活垃圾监测：
 - 生活垃圾：城市居民在日常生活中抛弃的固体垃圾，包括：生活垃圾、零散垃圾、医院垃圾、市场垃圾、建筑垃圾和街道扫集物等。医院垃圾和建筑垃圾应单独处理，其余的通常由环卫部门集中处理，一般统称为生活垃圾。
 - 分类：废品类、厨房类和灰土类。
 - 处理方法：焚烧、卫生填埋和堆肥。

